

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-191720

(43)Date of publication of application : 13.07.1999

(51)Int.Cl.

H03H 9/145

H03H 9/25

(21)Application number : 09-358319

(71)Applicant : KYOCERA CORP

(22)Date of filing : 25.12.1997

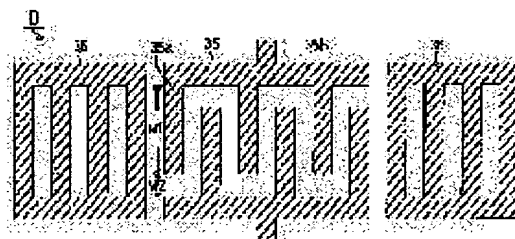
(72)Inventor : OHARA IKUO

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE AND SURFACE ACCOSTING WAVE FILTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To enhance the pass band characteristics and the attenuation characteristics of the SAW filter by making a Δf adjustable of each SAW device formed on a piezoelectric substrate.

SOLUTION: The surface acoustic wave SAW device D1 is formed by forming at least a couple of inter-digital transducers IDTs on a principal surface of a piezoelectric substrate, and a relation of $0.04 \leq w2/w1 \leq 0.20$ is established, where $w1$ is a length of an electrode finger 30a of the IDT electrode 30 and $w2$ is an interval between the tip of the electrode finger 30a and a bus bar 30 of the opposed IDT electrode 30. Then a small electrode finger 30b is projected from the bus bar 30c toward to the interval.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 1 9 1 7 2 0

(43) 公開日 平成 11 年 (1999) 7 月 13 日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F I

H 0 3 H 9/145

H 0 3 H 9/145

D

Z

9/25

9/25

Z

審査請求 未請求 請求項の数 3

O L

(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平 9-358319

(22) 出願日 平成 9 年 (1997) 12 月 25 日

(71) 出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町 6 番地

(72) 発明者 尾原 郁夫

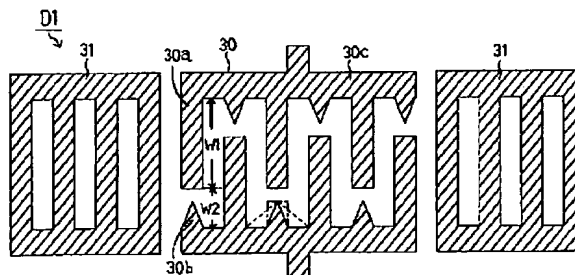
京都府相楽郡精華町光台 3 丁目 5 番地 京セラ株式会社中央研究所内

(54) 【発明の名称】 弾性表面波装置及び弾性表面波フィルタ

(57) 【要約】

【課題】 圧電基板上に形成された SAW 装置の Δf を個々の SAW 装置毎に調整可能とし、SAW フィルタの通過帯域特性や減衰特性等を改善する。

【解決手段】 圧電基板の主面に少なくとも一対の IDT 電極 30 を形成して成る SAW 装置 D1 であって、前記 IDT 電極 30 の電極指 30a の長さを $w1$ 、前記電極指 30a 先端と相対する IDT 電極 30 のバスバー 30c との間隔を $w2$ とした場合、 $0.04 \leq w2/w1 \leq 0.20$ であり、かつ前記間隔部に前記バスバー 30c より小電極指 30b を突設させた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電基板の主面に少なくとも一組の櫛歯状電極を形成して成る弾性表面波装置であって、前記櫛歯状電極の電極指の長さを w_1 、前記電極指先端と相対するバスバーとの間隔を w_2 とした場合、 $0.04 \leq w_2/w_1 \leq 0.20$ とし、かつ前記間隔部に前記電極指先端と相対するバスバーより小電極指を突設させたことを特徴とする弾性表面波装置。

【請求項 2】 前記小電極指は、前記バスバーから前記電極指先端方向に向けて先細り状となっている請求項 1 記載の弾性表面波装置。

【請求項 3】 同一の圧電基板上において複数の弾性表面波装置を接続して成る梯子型弾性表面波フィルタ又は平衡型弾性表面波フィルタであって、前記弾性表面波装置の少なくとも 1 個が請求項 1 又は 2 の弾性表面波装置であることを特徴とする弾性表面波フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、携帯電話やセルラー電話等の通信機器に内蔵される共振子や周波数帯域フィルタとして使用される弾性表面波装置及び弾性表面波フィルタに関する。

【0002】

【従来の技術】 従来の弾性表面波 (Surface Acoustic Wave で、以下、SAW と略す) 装置 D を図 3 に示す。同図において、35 は A1 等から成り櫛歯状電極の IDT (Inter Digital Transducer) 電極、35a は IDT 電極 35 の電極指、35b は電極指 35a を複数本設けるための共通電極であるバスバー、36 は IDT 電極 35 の SAW 伝搬路の両端に配置され SAW を効率良く共振させる反射器、 w_1 は電極指 35a の長さ、 w_2 は電極指 35a と相手側のバスバー 35b との間隔である。尚、これらの部品は LiTaO₃ 等の圧電基板 (図示せず) 上に形成されるものであり、また電極指 35a の対数は数 10 ～ 数 100 対、反射器 36 の電極指の本数は数 10 ～ 数 100 本に及ぶため、同図では簡略化して描いてある。

【0003】 また、図 5 に、従来の 3 段のラダー型 (梯子型) SAW フィルタ F1 の回路図を示す。このラダー型 SAW フィルタ F1 は、圧電基板 1 上において直列 SAW 共振子 2a ～ 2c と並列 SAW 共振子 3a ～ 3c とを交互に接続して構成する。尚、同図において、4 は直列 SAW 共振子 2a ～ 2c と並列 SAW 共振子 3a ～ 3c を接続する配線パターン、5 は外部の駆動回路等と接続するためのワイヤーである。

【0004】 上記 SAW 装置 (SAW 共振子) D は、図 4 に示すように、周波数によってインピーダンスが極小になる共振周波数 (f_r) 10 と、逆にインピーダンスが極大になる反共振周波数 (f_a) 11 を併せ持つ 2 重共振特性を示す。同図において、9 は SAW 共振子のイ

ンピーダンス |Z| - 周波数特性 (以下、インピーダンス特性という)、12 は等価容量である。そして、上記ラダー型 SAW フィルタ F1 については、図 6 に示すように、直列 SAW 共振子 2a ～ 2c の共振周波数 7a と並列 SAW 共振子 3a ～ 3c の反共振周波数 8b とが交差しない程度に近づけて設定することにより、これらの周波数近傍を通過帯域 7f とする帯域通過フィルタを構成できることが提案されている (特開平 6 - 232682 号公報参照)。

【0005】 尚、図 6 において、7 は直列 SAW 共振子 2a ～ 2c のインピーダンス特性、7b は直列 SAW 共振子 2a ～ 2c の反共振周波数、7c は後述するように本発明により急峻性を改善された場合の直列 SAW 共振子 2a ～ 2c の反共振周波数である。また、8 は並列 SAW 共振子 3a ～ 3c のインピーダンス特性、8a は並列 SAW 共振子 3a ～ 3c の共振周波数、8c は後述するように本発明により急峻性を改善された場合の並列 SAW 共振子 3a ～ 3c の共振周波数である。

【0006】 そして、携帯電話等の通信機器用の SAW フィルタにおいては、要求仕様により SAW 共振子のインピーダンス特性を最適に設計する。SAW 共振子のインピーダンス特性を決定付ける代表的なパラメータとして、共振周波数 f_r 、反共振周波数 f_a 、 $\Delta f = f_a - f_r$ 及び等価容量があり、これらのパラメータは SAW 共振子の IDT 電極 35 の設計により調整でき、 f_r は IDT 電極 35 の電極指 35a ピッチ、等価容量は電極指 35a の交差幅 ($w_1 - w_2$) と電極指 35a の対数によって制御できる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、 f_a は主として圧電基板 1 の電気機械結合係数によって決定されるため、IDT 電極 35 の材質及び膜厚を決定するとほぼ決まってしまう、圧電基板 1 上の個々の SAW 共振子毎に f_a を自由に設定できないという問題があった。従って、SAW フィルタの通過帯域幅を変化させようとすると、圧電基板 1 の材質又はウェハの結晶方位の変更によって解決する必要性が生じていた。また、SAW フィルタの通過帯域幅が決定すると、減衰傾度 (減衰帯域幅 / 通過帯域幅) を改善する方法はなかった。

【0008】 上記の通り、従来のラダー型 SAW フィルタや格子型 SAW フィルタでは、SAW 共振子の Δf は使用する圧電基板 1 の電気機械結合係数によって定まる。このため、同一圧電基板 1 上に形成された複数の SAW 共振子は、絶対値は異なるものの夫々同等のインピーダンス特性及び Δf を持つ結果となる。

【0009】 故に、このような SAW 共振子により構成する SAW フィルタでは、減衰傾度が限定され、目的とする通過帯域特性及び減衰特性の両方を満足することは困難であった。また、近年、SAW フィルタのような周波数制御用の電子部品に対する性能向上の要求は強く、

例えば図6の点線に示すように、SAWフィルタの通過帯域幅を変えずに減衰特性を急峻にするといった必要が生じている。

【0010】従って、本発明は上記事情に鑑みて完成されたものであり、その目的は同一の圧電基板上に形成されたSAW装置（SAW共振子）の Δf を個々のSAW装置毎に調整可能とし、SAWフィルタの通過帯域特性や減衰特性等を改善することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明の弾性表面波装置は、圧電基板の主面に少なくとも一組の櫛歯状電極を形成して成る弾性表面波装置であって、前記櫛歯状電極の電極指の長さを w_1 、前記電極指先端と相対するバスバーとの間隔を w_2 とした場合、 $0.04 \leq w_2/w_1 \leq 0.20$ とし、かつ前記間隔部に前記電極指先端と相対するバスバーより小電極指を突設させたことを特徴とする。

【0012】本発明において、好ましくは、前記小電極指は、前記バスバーから前記電極指先端方向に向けて先細り状となっている。

【0013】また、本発明の弾性表面波フィルタは、同一の圧電基板上において複数の弾性表面波装置を接続して成る梯子型弾性表面波フィルタ又は平衡型弾性表面波フィルタであって、前記弾性表面波装置の少なくとも1個が上記の弾性表面波装置であることを特徴とする。

【0014】本発明は上記構成により、以下のような効果を奏する。圧電基板用のリチウムタンタレート（ LiTaO_3 ）単結晶やリチウムニオブ（ LiNbO_3 ）単結晶の場合、IDT電極の電極指の交差部と非交差部（小電極指部）では、明らかに電気機械結合係数 k^2 が異なる。そして、開口率（ $w_2/w_1 \times 100\%$ ）を変化させることにより、電極指部の電気機械結合係数 k^2 は小電極指部の影響を受け減少する。

【0015】ここで、開口率と Δf の関係を図8に示す。開口率4%未満では Δf の変化率が大きく設計上の自由度は大きい。製造偏差が通過帯域に与える影響が甚大であるため無視できないばかりでなく、フォトリソグラフィ法等による微細加工の歩留りが急激に劣化する。例えば、950MHzのリチウムタンタレート単結晶で考察すると、SAW波長 λ は約 $3.7\mu\text{m}$ 、電極指の交差幅（ $w_1 - w_2$ ）は 10λ 程度が適当である場合が多く、開口率4%は約 $0.15\mu\text{m}$ となるため、この精度未満ではフォトリソグラフィ法による正確な形成が困難である。一方、開口率が20%を超えると、 Δf の変化が飽和する。

【0016】また、図3のSAW装置Dにおいて、外部より高周波信号が入力されることにより電極指35a部に擬似SAWを生じるが、この擬似SAWは電極指35a中央部のSAW伝搬軸から拡散し、間隔 w_2 部を伝搬する波が発生する。尚、前記間隔 w_2 部に相当する電極

指35a部を電極指首部（非交差部）という。この電極指首部は、電極指35a部に比して電極面積が小さいため、電極指首部を伝搬するSAWと、電極指35a中央部（交差部）を伝搬するSAWとで、速度差が生じる。これにより電気機械結合係数 k^2 が小さくなった場合と同じ現象を示し、 Δf が小さくなる。

【0017】SAW共振子の共振特性は、電極指35a部のSAWと電極指首部のSAWとの合成特性となるため、開口率を調整することで Δf をコントロールできる。また、開口率を比較的大きくした場合、フォトリソグラフィ工程における前記電極指首部での露光量が大きくなり、所謂ハレーションにより前記電極指首部の線幅が設定値よりも細くなるという問題が生じる。この場合、細くなった部分の電気抵抗が増大するため、挿入損失の増加や耐電力性（信頼性）の低下を招くことになる。

【0018】そこで、開口率を変更した場合に、電極指首部の線幅減少を防ぐため、間隔 w_2 部にバスバーより突設されかつ電極指35aに接しない小電極指を設ける。このとき、小電極指の形状を電極指35aと同様の形状とすると、上記速度差が小さくなり Δf の制御が難しくなる。従って、小電極指を、バスバーから電極指35a先端に向かうにつれて先細り状、換言すると線幅が狭くなるように形成することで、上記速度差を失うことなく、電極指首部の線幅の細線化を防ぐことができる。

【0019】本発明のSAWフィルタは、図6に示すように、例えば1個のSAW共振子の Δf を小さくすることにより、このSAW共振子の共振周波数 f_r から反共振周波数 f_a 迄のインピーダンス特性は、他のSAW共振子に比して急激に変化することとなる。その結果、SAWフィルタの特性は、通過帯域 f 幅を維持したまま減衰傾度が急峻になる。より具体的には、図7に示すように、SAWフィルタの減衰極が24aから24bに移動するため、減衰量を20aから20bにできる。尚、同図において、19は通過帯域、20は減衰域である。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明のSAW装置について以下に説明する。図1と図2は本発明によるSAW装置D1、D2の基本構成の平面図である。図1において、30はIDT電極、30aは電極指、30bは小電極指、30cはバスバー、31は反射器である。電極指30aの長さを w_1 、電極指30a先端と相対するIDT電極30のバスバー30cとの間隔を w_2 とした場合、 $0.04 \leq w_2/w_1 \leq 0.20$ であり、前記間隔部においてバスバー30cより突設された小電極指30bを設ける。

【0021】図1の例では、小電極指30bが三角形状とされており、点線部で示すように小電極指30bの底辺部を幅広にしたり、小電極指30bを曲線的に形成し

てもよい。図2の例は、小電極指30bbが2つの三角形形状部から成り、3つ以上に分割してもよい。

【0022】本発明において、小電極指先端と電極指35a先端との間隔は0.15λ~0.35λが好ましく、0.15λ未満ではフォトリソグラフィ法等による微細加工の歩留りが急激に劣化する。また、0.35λを超えると電極指35aと小電極指の間隔が広がるためハレーションによる細線化が顕著になる。

【0023】また、小電極指の面積は、小電極指が方形の場合（図1の一点鎖線部）と比較して、その50%~150%（図1の点線部）とするのがよく、50%未満では小電極指を施す効果、つまりハレーションによる細線化を抑制する効果が低下し、150%を超えるとΔfを制御することが困難になる。

【0024】図5のラダー型SAWフィルタF1に本発明を適用した場合について、以下に説明する。直列SAW共振子2b、2cの2個について、図1のように構成する。図6は、ラダー型SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性（上側のグラフ）と、SAW共振子のインピーダンス特性（上側のグラフ）を示す。直列SAW共振子2aのインピーダンス特性7は、 $w2/w1$ を従来より大きくしたことによりΔfが減少し、共振周波数7aを保持したまま反共振周波数7bが低周波側に移動し7cとなる。このインピーダンス特性の変化に対応して、SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性は高域側の減衰特性が急峻になる。

【0025】また、並列SAW共振子3bのインピーダンス特性8は、 $w2/w1$ を従来より大きくしたことによりΔfが減少し、反共振周波数8bを保持して、共振周波数8aが高周波側に移動し8cとなる。このインピーダンス特性の変化に対応して、SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性は低域側の減衰特性が急峻に変化する。

【0026】このような $w2/w1$ の調整によって得られるΔfの変化幅は、42° Yカット-X伝搬のLiTaO₃単結晶から成る圧電基板1で決まるΔfに対して約10%であり、SAWフィルタの減衰特性の急峻度を十分に改善することができる。

【0027】具体的には、900MHz帯のSAWフィルタF1について、本発明の2個のSAW共振子2b、2cの電極指30aは、86対と94対、電極指30aの長さ $w1$ は共に10λ、電極指30aの材質は蒸着法により成膜したAlを用い、電極指30aの厚みは共に410nm、間隔 $w2$ は $w1$ の12.5%に共に設定した。また、電極指30a幅及び電極指30a間隔は夫々約1μmである。図11に改善前の信号レベルの周波数特性を、図12に本発明によって得られた周波数特性を示す。本発明により減衰特性が改善されている。

【0028】図9に本発明による対称格子状の平衡型（ブリッジ型）SAWフィルタF2の回路図を示す。直

列腕に接続された2個のSAW共振子40、41について、本発明を適用している。尚、同図において、42、43は並列腕に接続された2個のSAW共振子、45a、45bは入力端子、46a、46bは出力端子である。

【0029】図10に、平衡型SAWフィルタF2の通過帯域の周波数特性と、SAW共振子40~43のインピーダンス特性を示す。SAW共振子40のインピーダンス特性17は、 $w2/w1$ を従来より大きくしたことによりΔfが減少し、共振周波数17aを保持したまま反共振周波数17bが低周波側に移動し17cとなる。このインピーダンス特性の変化に対応して、SAWフィルタF2の通過帯域17fの周波数特性は高域側の減衰特性が急峻になる。

【0030】また、SAW腕共振子42、43のインピーダンス特性18は、 $w2/w1$ を従来より大きくしたことによりΔfが減少し、反共振周波数18bを保持して、共振周波数18aが高周波側に移動し18cとなる。このインピーダンス特性の変化に対応して、SAWフィルタF2の通過帯域17fの周波数特性は低域側の減衰特性が急峻になる。

【0031】このような $w2/w1$ の調整によって得られるΔfの変化幅は、ラダー型SAWフィルタF1と同様、42° Yカット-X伝搬のLiTaO₃単結晶から成る圧電基板1で決まるΔfに対して約10%であり、SAWフィルタの減衰特性の急峻度を十分に改善することができる。

【0032】具体的には、900MHz帯のSAWフィルタF2について、本発明の2個のSAW共振子40、41の電極指30aは、60対と60対、電極指30aの長さ $w1$ は共に15λ、電極の材質は蒸着法により成膜したAlを用い、電極指30aの厚みは共に410nm、間隔 $w2$ は $w1$ の12.0%に共に設定した。また、電極指30a幅及び電極指30a間隔は夫々約1μmである。図13に改善前の信号レベルの周波数特性を、図14に本発明によって得られた周波数特性を示す。本発明により減衰特性が改善されている。

【0033】本発明において、IDT電極30はAlあるいはAl合金（Al-Cu系、Al-Ti系等）からなり、特にAlが励振効率が高く、材料コストが低いので好ましい。また、IDT電極30は蒸着法、スパッタリング法又はCVD法等の薄膜形成法により形成する。

【0034】そして、IDT電極30の電極指30aの対数は50~200程度、電極指30aの線幅は0.1~10.0μm程度、電極指30aの間隔は0.1~10.0μm程度、電極指30aの開口幅（交差幅）は10~100μm程度、IDT電極30aの厚みは0.2~0.4μm程度とすることが、SAW共振子あるいはSAWフィルタとしての所期の特性を得るうえで好適である。また、IDT電極30aの電極指間に酸化亜鉛、

酸化アルミニウム等の圧電材料を成膜すれば、SAWの共振効率が向上し好適である。

【0035】圧電基板としては、 $36^{\circ} \pm 10^{\circ}$ Yカット-X伝搬の LiTaO_3 単結晶、 64° Yカット-X伝搬の LiNbO_3 単結晶、 45° Xカット-Z伝搬の LiB_4O_7 単結晶等が、電気機械結合係数が大きく且つ群遅延時間温度係数が小さいため好ましく、特に電気機械結合係数の大きな $36^{\circ} \pm 10^{\circ}$ Yカット-X伝搬の LiTaO_3 単結晶が良い。また、結晶Y軸方向におけるカット角は $36^{\circ} \pm 10^{\circ}$ の範囲内であれば良く、その場合十分な圧電特性が得られる。圧電基板の厚みは0.1~0.5mm程度がよく、0.1mm未満では圧電基板が脆くなり、0.5mm超では材料コストが大きくなる。

【0036】かくして、本発明のSAW装置は、IDT電極の電極指の開口率($w2/w1 \times 100\%$)を調整することにより Δf を制御できるとともに、フォトリソグラフィ工程でIDT電極を形成する際に電極指首部が細線化するのを防止でき、また、本発明のSAW装置でSAWフィルタを構成した場合、通過帯域端部の減衰特性が改善されるという作用効果を有する。

【0037】更には、本発明のSAWフィルタにおいて、 $0.04 \leq w2/w1 \leq 0.20$ とし小電極指を設けたSAW装置を少なくとも1個有していればよく、勿論全てのSAW装置を上記構成としてもよい。また、圧電基板の両主面(表裏面)にSAW装置又はSAWフィルタを設けても構わない。

【0038】尚、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない範囲内で種々の変更は何等差し支えない。

【0039】

【発明の効果】本発明は、IDT電極の電極指の長さを $w1$ 、電極指先端と相対するIDT電極のバスバーとの間隔を $w2$ とした場合、 $0.04 \leq w2/w1 \leq 0.20$ であり、前記間隔部において前記バスバーより小電極指を突設させたことにより、SAW装置の Δf を制御できるとともに、フォトリソグラフィ工程でIDT電極を形成する際に電極指首部が細線化するのを防止でき、また、SAWフィルタを構成した場合、通過帯域端部の減衰特性が改善される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のSAW装置D1の基本構成の平面図である。

【図2】本発明のSAW装置D2の基本構成の平面図である。

【図3】従来のSAW装置Dの基本構成の平面図である。

【図4】従来のSAW装置Dのインピーダンス特性のグ

ラフである。

【図5】本発明を適用できるラダー型SAWフィルタF1の回路図である。

【図6】ラダー型SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性のグラフと、直列SAW共振子及び並列SAW共振子のインピーダンス特性のグラフである。

【図7】ラダー型SAWフィルタF1の通過帯域端部の減衰特性改善について説明するためのグラフである。

【図8】本発明のSAW装置の開口率と Δf との関係を示すグラフである。

【図9】本発明による平衡型SAWフィルタF2の回路図である。

【図10】平衡型SAWフィルタF2の通過帯域の周波数特性のグラフと、直列腕に接続されたSAW共振子及び並列腕に接続されたSAW共振子のインピーダンス特性のグラフである。

【図11】従来のラダー型SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性のグラフである。

【図12】本発明によるラダー型SAWフィルタF1の通過帯域の周波数特性のグラフである。

【図13】従来の平衡型SAWフィルタF2の通過帯域の周波数特性のグラフである。

【図14】本発明による平衡型SAWフィルタF2の通過帯域の周波数特性のグラフである。

【符号の説明】

1 : 圧電基板

2a : 直列SAW共振子

2b : 直列SAW共振子

2c : 直列SAW共振子

30 3a : 並列SAW共振子

3b : 並列SAW共振子

3c : 並列SAW共振子

4 : 配線パターン

5 : ワイヤ

7 : 直列SAW共振子のインピーダンス特性

7a : 共振周波数

7b : 反共振周波数

7c : 反共振周波数

8 : 並列SAW共振子のインピーダンス特性

40 8a : 共振周波数

8b : 反共振周波数

8c : 共振周波数

9 : SAW共振子のインピーダンス特性

30 30 : IDT電極

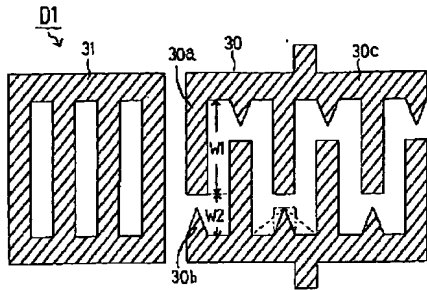
30a : 電極指

30b : 小電極指

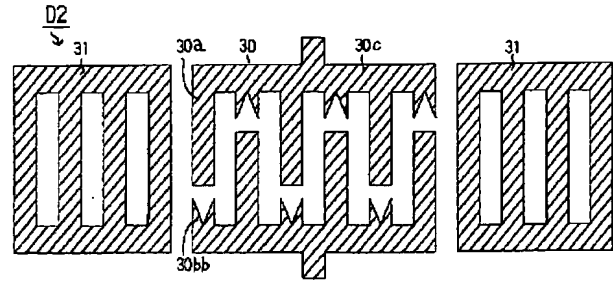
30c : バスバー

31 : 反射器

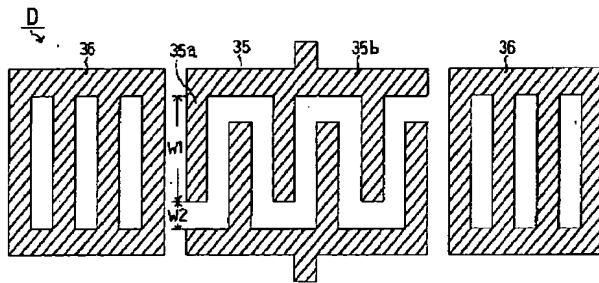
【図 1】



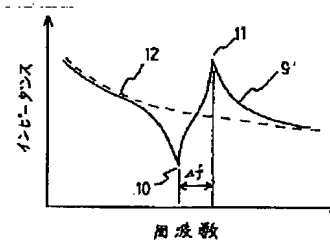
【図 2】



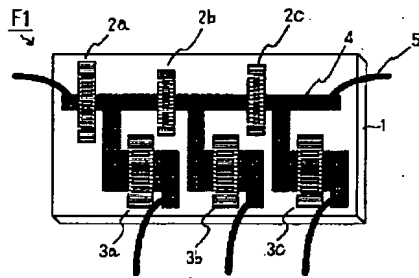
【図 3】



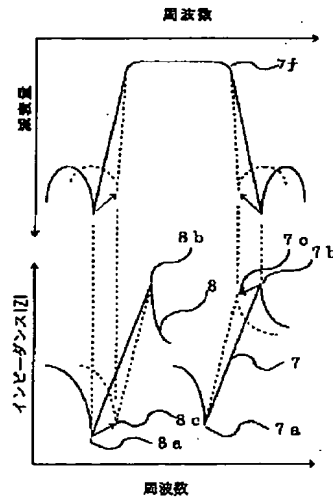
【図 4】



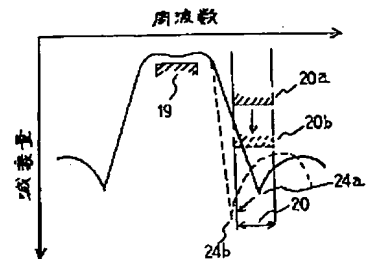
【図 5】



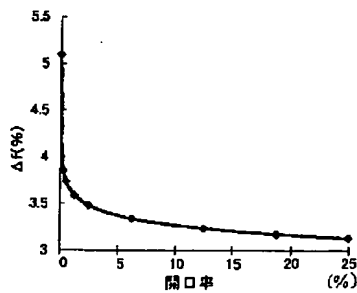
【図 6】



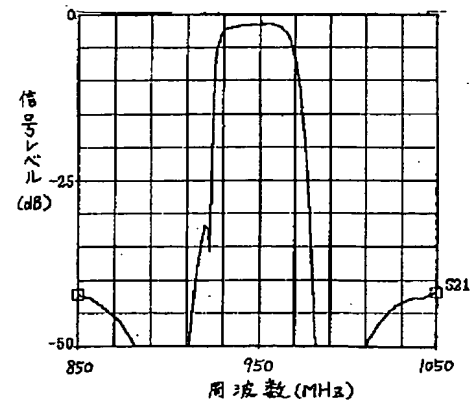
【図 7】



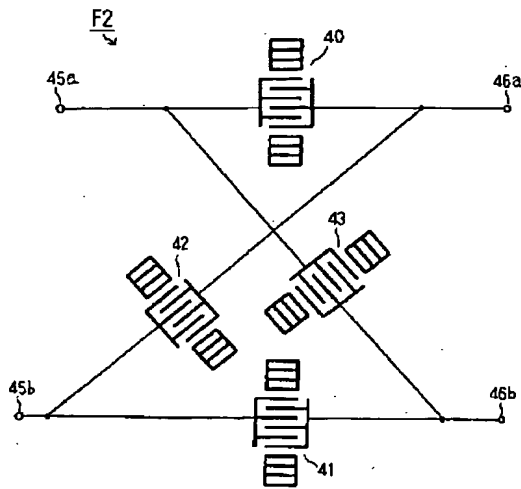
【図 8】



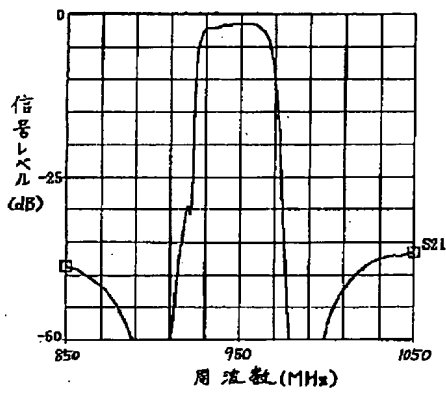
【図 11】



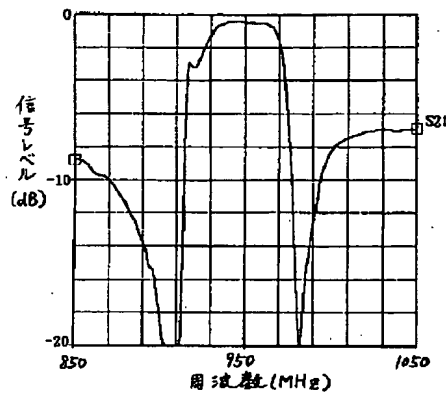
【図9】



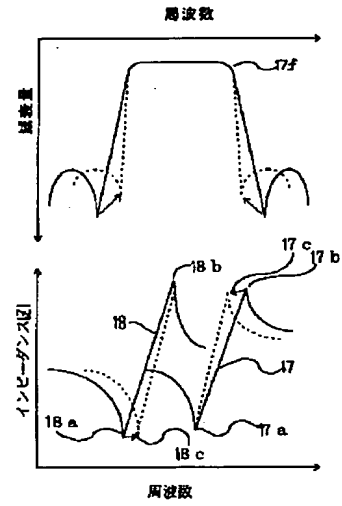
【図12】



【図14】



【図10】



【図13】

